

VI-200

ジャイロコンパスを用いた自動測量システムの開発と適用

三井建設（株） 正会員 大津 慎一
 三井建設（株） 木元 和良
 三井建設（株） 正会員 清水 安雄

1. はじめに

シールド工法は周辺地盤や環境への影響が小さいという特徴から上下水道をはじめとし地下鉄、電力などといった管渠工事に多く採用されている。一方、近年の土地利用の高度化に伴う地下空間利用の密度化により、小口径や急曲線などといった厳しい条件下における施工が要求されてきている。このような厳しい条件下におけるシールド工事を、安全かつ精度良く施工するためには、多くの管理項目を設定しこれらを監視・計測しながら非常に精密な管理を行わなくてはならない。このため、コンピュータを利用した情報化施工の導入が進められている。

本システムは、この情報化施工のひとつである自動測量を行うシステムであり、中小口径でも運用可能とするため、空間に制約を受けないジャイロコンパスを利用した手法を採用している。

2. 位置演算の手法

本システムでは位置演算において図-1に示すように、後方セグメントの切羽側断面上に回転支点Pを想定する。掘進中はこのPを支点としてシールド機後胴部方向角 θ' と推進ジャッキ長 $L + \Delta L$ よりシールド機の位置座標 T' を演算する。

回転支点Pは、掘進開始直前に推進ジャッキ長 L とシールド機後胴部方向角 $\theta (= \alpha - \beta)$ を用いてシールド機基準点 T より求められる。また、回転支点Pは掘進中においては不動点であると仮定する。

3. ジャイロコンパスの特徴

ジャイロコンパスは、回転体の慣性を利用して真北方位を測定する計器であり、航空機や船舶などで多く利用されている。現在多くのシールド機にも搭載されており、光学測量による線形管理の補完という目的で使用されている。しかし、図-2に示す通り出力値はシールド機静止時において常に特定の周期・振幅を持った値である。自動測量に用いる場合には、この振幅は誤差要因になってしまうため、これを補正する手段を講じる必要がある。

そこで本システムでは、ジャイロコンパス出力値の補正について、次のような手法を採用した。

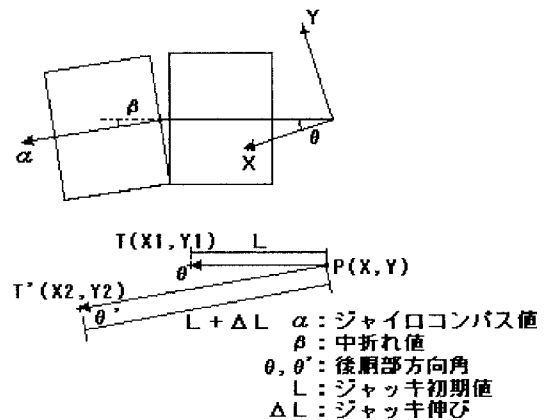


図-1 位置演算方法

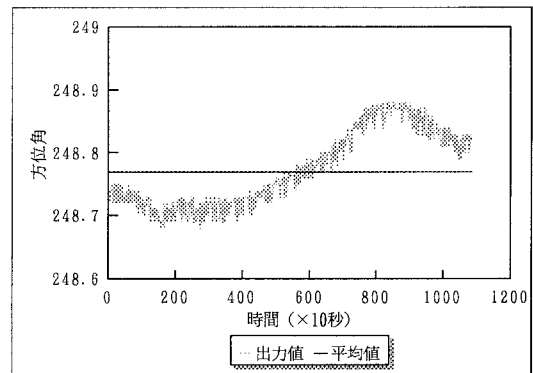


図-2 ジャイロコンパス出力特性

4. ジャイロコンパス出力値の補正

シールド機がその方向角を目標となる方向角に変化させようとする場合、急激に変化させるのではなく一般的に図-3のように徐々にその方向角へ変化させていく。この場合、方向角の単位掘進距離あたりの変化量はほぼ一定であると考えられる。ここで前述の位置演算方法と同様に掘削中に後方セグメントが移動しないと仮定すると、掘進中の計測値より次のような回帰直線が導き出せる。

$$\theta = \alpha \cdot X + \beta$$

θ : 方向角

α : 単位掘進距離あたりの変化量

X : 掘進距離

β : 定数値

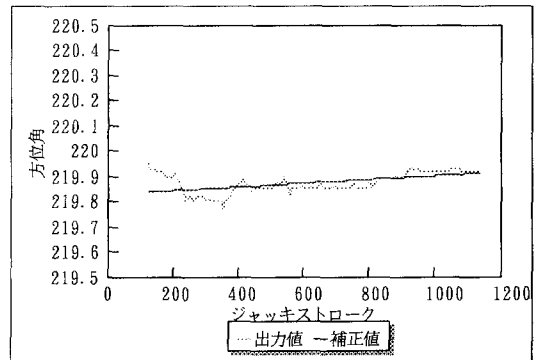


図-3 掘進中のジャイロ
指示値とその補正值

5. 適用結果

これらの演算方法を用いたシステムを長野県篠ノ井作業所(シールド外径 $\phi 2480\text{mm}$)において適用した。本工事の線形は、緩いながらもその50%が曲線であり、最小曲線半径は200mである。適用結果として、本システムの測定値と現場内におけるチェック測量値を図-4に示す。なお、測点はシールド機エレクトア部である。

この結果から見ると、リング当たりの誤差は平均で1mm前後であり、偏差はかなり小さい。これにより掘進における傾向は十分つかむことができる。

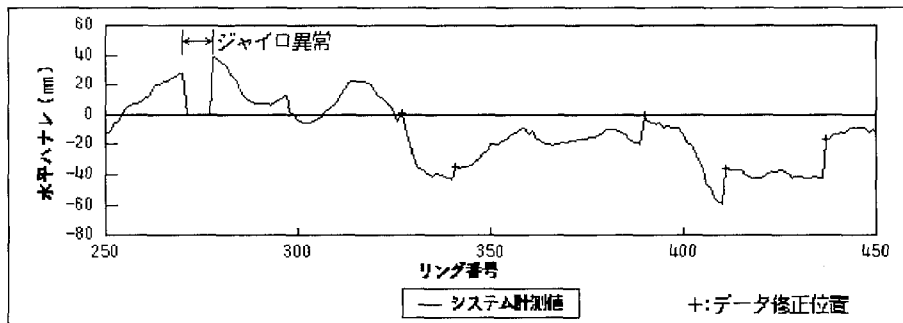


図-4 適用結果

6. 最後に

今回の適用現場は、線形が比較的緩い現場であったため、急曲線における確認ができなかった。また今回の場合、後方のセグメントが不動であると仮定していたが実際には不動ではなく、今回の適用における誤差もこれに起因するものが多いと思われる。しかし、掘進におけるその傾向は十分つかめており、また数値においてもさほど開きがない。この結果から見ると、空間の制約によりいままでも光波式の自動測量システムが導入できなかった中小口径のシールド工事においても、十分自動測量が可能であるといえる。

今後は急曲線における確認と合わせ、後方のセグメントの挙動、およびテールクリアランスも考慮に入れたより発展したシステムへと移行していく予定である。